



## Handystrahlung und oxidativer Stress

Ein Leben ohne Handy und ohne die damit verbundene permanente Erreichbarkeit ist für die meisten modernen Menschen kaum vorstellbar. Dies betrifft ganz besonders die jüngere Generation. Von einem anfangs exklusiven Spielzeug hat sich das Handy in kürzester Zeit zu einem täglichen Begleiter über die ganze Welt verbreitet. Rund 7 Milliarden Menschen nutzen heute ein Handy – kein Gerät in der Menschheitsgeschichte hat eine ähnlich schnelle Marktdurchdringung erfahren. Ein Handy bedeutet heute nicht nur mobiler Internetzugang, sondern auch persönlicher Assistent, Kommunikations- und Informationszentrale, Spielkonsole, Zahlungsgerät, Kamera etc.

Obwohl das Handy bei weitem nicht der einzige „Verschmutzer“ in unserer Umwelt mit elektromagnetischer Strahlung ist, steht es besonders im Vordergrund, da es oft eng am Körper getragen wird oder beim Telefonieren direkt am Ohr anliegt. Die Sendeanenne ist direkt im Handy installiert und die Strahlung wird mehr oder weniger kugelförmig – und damit auch in Richtung des Kopfes – abgestrahlt. Die drei Mobilfunknetze (GSM, UMTS und LTE) nutzen definierte Frequenzbereiche zwischen 900 und 2.600 MHz für die Übertragung der Signale.

In diesem Artikel wird anhand aktueller Forschungsergebnisse eine effiziente Möglichkeit aufgezeigt, die Handystrahlung nahezu vollständig zu kompensieren und so die gesundheitlichen Wirkungen durch den oxidativen Stress zu minimieren.

### Gesundheitliche Wirkungen der Handystrahlung

Bei der Handystrahlung muss zwischen einer thermischen und einer athermischen Strahlung unterschieden werden. Dabei dient der sogenannte SAR-Wert (spezifische Absorptionsrate) als Grundlage für die Festlegung von Grenzwerten. Er ist ein Maß für die Absorption von elektromagnetischen Feldern in einem Körper oder Material.

Die Absorption elektromagnetischer Energie führt immer zu einer Erwärmung eines Körpers. Beim Telefonieren kommt es dadurch zu einer lokalen Erwärmung am Ohr; allerdings können auch Teile des Gehirns deutlich erwärmt werden. Die Grenzwerte für Handys beruhen also demnach nur auf dem thermischen Effekt der elektromagnetischen Strahlung. Die athermischen Strahlungseinflüsse, welche eine mögliche Schädigung des Erbguts der Zelle zur Folge haben und damit zum Absterben von Zellen oder der Krebsentstehung beitragen können, werden nicht berücksichtigt.

Die Mehrzahl der Handy-Anwender macht sich überhaupt keine Gedanken über gesundheitliche Wirkungen durch die mit der Sprach- oder Datenübertragung einhergehenden Strahlung. Viele Symptome wie Kopfschmerzen, Übelkeit, Herzrasen, Bluthochdruck, Hautveränderungen, Magen- und Kreislaufprobleme etc. sind eher unspezifisch und nicht eindeutig einer Strahlungsbelastung zuzuordnen.

Bereits 2011 hatte die Weltgesundheitsorganisation auf einen möglichen Zusammenhang zwischen dem Gebrauch von Handys und einer Zunahme von Krebserkrankungen im Kopfbereich hingewiesen.

### Oxidativer Stress

Ohne Sauerstoff können wir nicht leben, aber Sauerstoff in Form von hochreaktiven, freien Sauerstoffradikalen kann pathophysiologische Veränderungen bewirken und auch den vorzeitigen Alterungsprozess fördern. Freie Radikale werden als natürliche Stoffwechselprodukte permanent in unserem Körper produziert und erfüllen grundsätzlich wichtige Aufgaben bei der zellulären Signalübermittlung. Zudem stehen sie in einem ständigen Gleichgewicht mit den regulierenden natürlichen Entgiftungsmechanismen wie den Enzymen Glutathion, Katalase

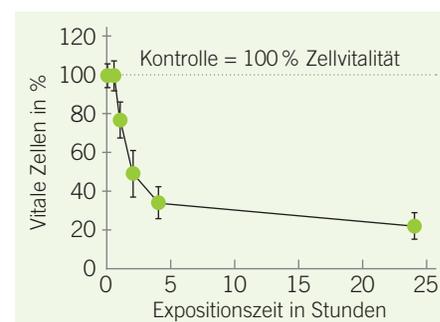


Abb. 1: Wirkung der athermischen Strahlung eines aktiv sendenden Handys auf die Zellvitalität kultivierter Bindegewebsfibroblasten. Die zeitliche Abhängigkeit der Wirkung ist deutlich erkennbar. Dargestellt ist der Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung von 13 unabhängigen Versuchen.

und Superoxid-Dismutase. Umweltbelastungen, Ernährungsmängel, körperlicher oder seelischer Stress, aber auch Medikamente, Verletzungen und Entzündungen können zu einer unkontrollierten Überproduktion der Radikale führen. Die Selbstregulation durch den Körper ist gestört.

**Übersteigt die Aufnahme oder Bildung freier Radikale deren körpereigene Entgiftung, so spricht man von „oxidativem Stress“.** Die schnell und aggressiv wirkenden freien Radikale stören wichtige Funktionen und zerstören Strukturen im Körper; sie können oxidative Veränderungen verursachen und damit Schädigungen aller wichtigen Biomoleküle wie Nukleinsäuren, Proteine, Lipide und Kohlenhydrate. Auch bei entzündlichen Prozessen spielt die Freisetzung von reaktiven Radikalen in der Frühphase des Geschehens eine wichtige Schlüsselrolle, da in der Folge weitere Gewebeschädigungen resultieren, die ein rasches und unkompliziertes Abheilen des betroffenen Gewebes verzögern oder gar verhindern können.

### Handystrahlung und Zellvitalität bei oxidativem Stress

Für die durchgeführten Untersuchungen wurden kultivierte Bindegewebsfibroblasten (Zelllinie L-929) verwendet, welche als Massenkulturen in einem speziellen Kulturmedium bei 37 °C in einem Begasungsbrutschrank gezüchtet wurden.

Aus den Massenkulturen wurden die Zellen für die einzelnen Versuche paarweise pro Versuchsansatz in Mehrfach-Kulturplatten ausgesät und nach 24 Stunden in zwei Mini-Inkubatoren gestellt und weiter inkubiert. Die beiden Inkubatoren waren in zwei verschiedenen Laborräumen etwa 4 m voneinander getrennt. Das aktiv sendende Handy wurde im Dauerbetrieb so auf die Kulturplatte im ersten Inkubator platziert, dass nur noch die athermische Strahlung auf die Zellen einwirken konnte. In den zweiten Inkubator wurde die zweite Kulturplatte als entsprechende Kontrollkultur inkubiert. Die Zellen wurden für unterschiedliche Zeiten der Handystrahlung ausgesetzt, aber danach noch bis zum Erreichen des Endwertes von 24 Stunden ohne weitere Exposition inkubiert. Danach wurde mit einem Enzymtest die Zellvitalität bestimmt.

Die athermische Strahlung des aktiv sendenden Handys bewirkte eine zeitabhängige Reduktion der Zellvitalität (► Abb. 1).

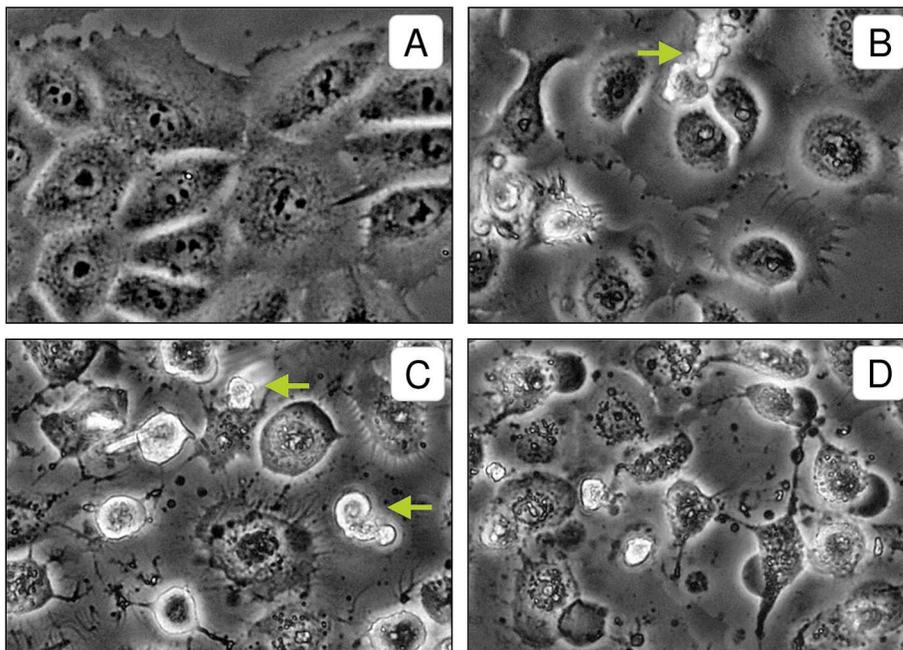


Abb. 2: Zeitliche Abfolge des Zellvitalitätsverlustes bei kultivierten Bindegewebsfibroblasten durch oxidativen Stress nach einer zweistündigen Exposition mit der athermischen Strahlung eines aktiv sendenden Handys und nachfolgender Inkubation ohne weitere Beeinflussung. (A) Aussehen der Zellen direkt nach der zweistündigen Exposition mit der typischen segelförmigen Zellmorphologie und gut erkennbaren Zellkernen und Kernkörperchen sowie den dunkleren Zytoplasmaausläufern, welche die Vorderseite der sich fortbewegenden Zellen darstellen. (B) 6 Stunden nach der Exposition kommt es zum Zusammenziehen und Abrunden der Zellen und dem ersten Auftreten apoptotischer Körperchen bei bereits toten Zellen. (C) Nach 12 Stunden findet man die ersten dunklen Trümmer von zerstörten Zellen. (D) Nach 24 Stunden ist die Mehrzahl der Zellen abgestorben und es schwimmen nur noch Zelltrümmer in der Kultur. Die weißen Pfeile markieren apoptotische Zellen. Olympus IX50 Inversmikroskop mit Olympus Planachromat 20x im Phasenkontrast-Verfahren. Ausschnitte aus Mikrofotos mit einer Olympus E-10 Digitalkamera und 4 Megapixel Auflösung.

Die Expositionszeit von 2 Stunden führte im Vergleich zu den unbehandelten Kontrollen zu einer mehr als 50%igen Verminderung der Zellvitalität, sodass in den späteren Versuchen dieser Zeitwert stets für die Exposition gegenüber der athermischen Strahlung verwendet wurde.

Die mit dem Verlust der Zellvitalität einhergehenden, auffälligen morphologischen

Veränderungen in den Bindegewebsfibroblasten aufgrund von oxidativem Stress sind in ►Abbildung 2 im Detail dargestellt und dort besprochen.

Die Verwendung eines speziellen Chips (memonizerMOBILE der Fa. memon bionic instruments GmbH, Rosenheim) führte in dem vorliegenden Testsystem dazu, dass die athermische Strahlung eines aktiv sen-

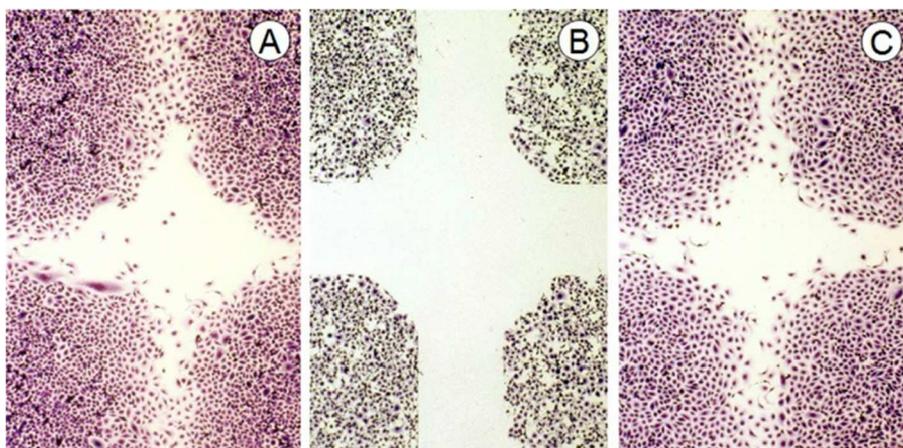


Abb. 3: Mikrofotografische Bildserie zur Zellregeneration nach zweistündiger Exposition mit athermischer Handystrahlung und weiteren 22 Stunden Inkubation ohne weitere Beeinflussung. (A) Unbehandelte Kontrolle. (B) Ohne Schutz sind die Zellen nicht mehr vital und haben dadurch keinerlei Besiedlung des zellfreien Raumes durch Wanderung und mitotische Teilung durchführen können. Die weitgehend veränderte Zellmorphologie führt ebenfalls zu einer vermindernten Aufnahme des Farbstoffes, so dass das ganze Präparat nicht richtig angefärbt wirkt. (C) Mit der Memon-Technologie ist die negative Auswirkung der athermischen Mobilfunkstrahlung nahezu vollständig kompensiert worden und die Zellen sehen fast aus wie die der unbehandelten Kontrolle in (A). Hellfeld-Verfahren am Inversmikroskop Olympus IX50 mit Olympus Achromat 4x. Mikrofotos mit einer Olympus E-10 Digitalkamera und 4 Megapixel Auflösung.

denden Handys nahezu vollständig kompensiert wurde.

## Handystrahlung und Zellregeneration

Durch zellregenerative Prozesse wird in einem Organismus die Funktionsfähigkeit eines geschädigten Gewebes wieder hergestellt. Ging eine Verletzung voraus, so kann in der sogenannten Granulationsphase durch Einwanderung und Teilung des in dem betreffenden Gewebe vorherrschenden Zelltyps eine Schließung und Festigung des Gewebes erreicht werden. Speziell diese Phase wurde in dem hier verwendeten Testsystem simuliert.

Die Bindegewebsfibroblasten wurden in spezielle Kultureinsätze aus Silikon mit vier kreuzförmig angeordneten Kompartimenten ausgesät, welche nach dem Abziehen scharf abgegrenzte, zellfreie Bereiche zwischen den einzelnen Kompartimenten lieferten. In diese zellfreien Bereiche konnten nun die Zellen einwandern und dort durch verstärkte Zellteilung den zellfreien Bereich wieder schließen. Gleichzeitig wurden die Zellen für die ersten 2 Stunden der athermischen Strahlung des aktiv sendenden Handys mit und ohne MemonizerMOBILE ausgesetzt und für weitere 22 Stunden ohne weitere Exposition inkubiert.

Nach 24 Stunden wurden die Zellen fixiert, gefärbt und mit einem speziellen mikrofotografischen Verfahren ausgewertet.

Wie in ► Abbildung 3 dargestellt und in der Legende im Detail beschrieben, wurde die Zellregeneration durch die athermische Strahlung des sendeaktiven Handys nach nur zweistündiger Exposition komplett verhindert. Obwohl unter diesen Versuchsbedingungen die Zellvitalität noch knapp 50 % betrug, wurden wichtige zelluläre Prozesse wie Zellteilung oder Zellwanderung in dem dargestellten Regenerationsmodell durch die athermische Strahlung blockiert.

Inwieweit zelleigene Reparaturmechanismen hier eine Möglichkeit zur Verbesserung der Situation in vitro haben, wird aktuell in Langzeituntersuchungen geprüft. Auch hier entfaltete die Memon-Technologie ihre Wirkung, indem sie in der Lage war, die negativen Auswirkungen der athermischen Mobilfunkstrahlung nahezu vollständig zu kompensieren. Dies wird in ► Abbildung 3 im direkten visuellen Vergleich besonders deutlich.

Die Untersuchungen zur Zellregeneration und das Ergebnis sind in dieser Form bemerkenswert, da bisher in der Wissenschaft in erster Linie auf das Absterben der Zellen durch Mobilfunkstrahlung geachtet wurde, nicht aber auf die Beeinflussung der zellregenerativen Wirkung nach einer Exposition – insbesondere unter dem Aspekt einer nahezu vollständigen Kompensation durch die Memon-Technologie.

**Prof. Dr. rer. nat. Peter C. Dartsch**  
**Dartsch Scientific GmbH**  
**Institut für zellbiologische Testsysteme**  
**Auf der Voßhardt 25**  
**49419 Wagenfeld**  
**pc.dartsch@dartsch-scientific.com**

*Literatur beim Verfasser*



### Der Autor:

Prof. Dr. rer. nat. Peter C. Dartsch hat Biochemie in Tübingen studiert, 1991 promoviert und sich 1992 an der Medizi-

nischen Fakultät der Universität Tübingen für das Fach Humanphysiologie habilitiert. Seit 1997 ist er außerplanmäßiger Professor. Als stellvertretender Leiter des Instituts für Arbeits- und Sozialmedizin verließ er 2002 den aktiven Universitätsdienst und gründete die Dartsch Scientific GmbH, eine Firma, die sich auf tierversuchsfreie Auftragsforschungen mit organspezifischen Zellen spezialisiert hat. Zu den Kunden der Firma gehören die pharmazeutische und kosmetische Industrie, Hersteller von Nahrung- und Nahrungsergänzungsmitteln u.v.m.

Professor Dartsch hat mehr als 130 Veröffentlichungen und Buchbeiträge geschrieben, weit mehr als 100 wissenschaftliche Vorträge gehalten und war im Verlauf seines Universitätslebens Doktorvater oder Gutachter von mehr als 35 medizinischen und zahnmedizinischen Doktorarbeiten. Er ist heute noch externes Mitglied der Medizinischen Fakultät der Universität Tübingen.